

Procesos de Convergencia y Catch-up Tecnológico

Lorenzo Escot Mangas

*Universidad Complutense de Madrid
Facultad de CC. Económicas y Empresariales
C/ El Cid, nº 8, 2º A 28220 Majadahonda (Madrid)
Tel.: 91 634 21 64 – E-mail: ecap3x8@sis.ucm.es*

Miguel Angel Galindo Martín

*Universidad Complutense de Madrid
Facultad de CC. Económicas y Empresariales
Campus de Somosaguas, Madrid
Teléfono: 91 715 62 74*

RESUMEN

Tras un lapso temporal en el que los aspectos relacionados con el crecimiento dejaron de ser materia de interés para los economistas, este tema ha vuelto a cobrar protagonismo desde la década de los ochenta con la aparición de la denominada teoría del crecimiento endógeno.

Uno de los aspectos que está llamando más la atención de los economistas en este ámbito es si se acepta la existencia de la convergencia entre las naciones, de manera que los países más ricos estén creciendo actualmente a un ritmo menor que los más pobres, aproximándose así estos últimos a los niveles de renta de los primeros. El comportamiento de la tecnología es una de las variables que se contemplan como favorecedoras de dicho proceso. En concreto, es de especial relevancia el proceso de su difusión internacional o *catch-up* tecnológico.

El objetivo de este artículo es exponer el papel que juega este proceso de *catch-up* en los modelos de crecimiento más representativos, esto es, el neoclásico y el de crecimiento endógeno, desde la perspectiva actual. Posteriormente llevaremos a cabo un análisis de carácter empírico en el que se aplica dicho proceso al estudio de la convergencia para el caso de los países que componen la OCDE.

Palabras clave: *Catch-up*, crecimiento, convergencia

ABSTRACT

After a period of time in which aspects related to growth were not a matter of interest for economists, the subject has become relevant again since the 80's when the theory of endogenous growth appeared.

One of the most important features for economists is whether the convergence among nations can be accepted and, therefore, richer countries could grow at a lower rate than the poor ones. In this way the latter would reach the same income level as the former. The performance of technology is one of the variables that would favour this process and, especially, the process of its international diffusion or technological *catch-up*.

The goal of this article is to show the role of the *catch-up* process in the most representative growth models, that is, the neoclassical and the endogenous growth models, from a present point of view. Afterwards an empirical analysis will apply this process to the study of convergence among the OECD countries.

Key terms: *catch-up*, growth, convergence.

1. INTRODUCCIÓN

Tras un lapso temporal en el que los aspectos relacionados con el crecimiento dejaron de ser materia de interés para los economistas, este ámbito ha vuelto a ocupar un cierto protagonismo desde la década de los ochenta. La aparición de la denominada teoría del crecimiento endógeno, permitía a los teóricos escapar de las limitaciones expuestas por el modelo de Solow(1956)-Swan(1956), proporcionando mayor margen de maniobra. También los avances en lo que se refiere al tratamiento de los datos y la aparición de fuentes estadísticas con una

información más amplia han favorecido este proceso de vuelta al estudio del crecimiento.

De una forma simplificada, se puede afirmar que la polémica en este campo se centra en los modelos de crecimiento exógeno versus los de crecimiento endógeno¹. En el fondo lo que se debate es si se acepta la existencia de la convergencia entre las naciones, es decir, que los países más ricos crezcan actualmente a un ritmo menor que los más pobres, resultando así, que estos últimos alcanzarán en algún momento los niveles de los primeros.

Este planteamiento es el defendido por los modelos de corte neoclásico, en los que el decisor político poco puede hacer para conseguir que el país alcance su nivel de crecimiento de equilibrio, ya que éste queda determinado exógenamente por el comportamiento de alguna variable fuera del modelo. En contraposición, y gracias a la existencia de rendimientos no decrecientes para los factores productivos acumulables, en los modelos de crecimiento endógeno², como su propio nombre indica, el crecimiento de las variables fundamentales del modelo se comporta de manera endógena, sin necesidad de recurrir a ninguna variable determinada fuera del modelo, por lo que el decisor político sí podría afectar a la marcha de la economía actuando sobre dicho comportamiento endógeno. De esta manera, no cabe suponer que exista convergencia entre las naciones.

En este contexto, pues, resulta atractiva de nuevo la teoría del crecimiento, ya que existe, como hemos dicho, un cierto margen de maniobra. Por tanto, es importante determinar qué variables son las que potencian el crecimiento para que, mediante políticas económicas adecuadas, podamos estimularlo.

Obviamente, en los numerosos trabajos que han ido apareciendo sobre este tema, se han destacado varias posibilidades. Una de ellas, que es en la que nos vamos a centrar en este trabajo, es el papel de la tecnología. Y, en concreto, es de especial relevancia el proceso de difusión internacional de tecnología o *catch-up* tecnológico para lograr un mayor crecimiento económico a la vez que convergencia entre países.

A lo largo de los siguientes apartados vamos a exponer los elementos esenciales de este proceso y el papel que juega en los modelos de crecimiento, fundamentalmente en lo que se refiere a la hipótesis de convergencia que de los mismos se deriva. Poste-

¹ Hay que señalar que en los últimos años la aportación postkeynesiana ha ido perdiendo importancia frente a las dos posturas señaladas. Y ello a pesar de la relevancia que tuvieron ciertos planteamientos expuestos por autores de esta corriente durante los años 50 y 60.

² Un excelente resumen de este enfoque y de sus principales aportaciones, puede encontrarse en Sala-i-Martin (1994). Otros *surveys* sobre estos modelos se pueden encontrar en Amable (1994) y Jones y Manuelli (1994).

riormente realizamos un breve ejercicio empírico en el que se intenta demostrar la evidencia de *catch-up* tecnológico entre los países de la OCDE. Finalizaremos este trabajo resaltando las conclusiones más significativas.

2. EL CATCH-UP TECNOLÓGICO

En términos generales, las distintas aportaciones sobre el *catch-up* han venido señalando que la difusión internacional de la tecnología juega un papel fundamental en el crecimiento económico y en los procesos de convergencia entre países. Desde esta perspectiva, la diferencia tecnológica existente entre el país *líder*, que crea tecnología, y el *seguidor*, que la capta e imita, se irá reduciendo. Esta hipótesis de *catch-up* implica por tanto, que cuanto mayor sea la diferencia tecnológica entre el líder y el seguidor, y gracias a la difusión de la tecnología internacionalmente disponible, mayores serán las mejoras potenciales que se podrán introducir en los procesos productivos del país seguidor, y por tanto mayor será también el crecimiento potencial de éste frente al del país líder³.

Así pues, y desde el punto de vista de la política económica, sería conveniente facilitar el proceso de difusión tecnológica eliminando cualquier traba o freno al proceso *catch-up* tecnológico efectivo entre líderes y seguidores, ya que de lo contrario se frenaría el progreso de los países más pobres y la convergencia entre las naciones⁴.

Con el propósito de concretar el proceso de *catch-up* tecnológico, vamos a considerar un modelo⁵ en el que el *nivel* tecnológico de una economía (*A*) es una relación multiplicativa entre el nivel de tecnología transferido desde el exterior (*D*) y el creado en el interior de la misma (*N*):

³ Entre estos planteamientos cabe destacar los de Veblen (1915), Gerschenkron (1962), Nelson y Phelps (1966), Gomulka (1971), Abramovitz (1986 y 1989), Baumol (1986) y Abramovitz y David (1996) entre otros.

⁴ Respecto a las limitaciones sociales, institucionales, educativas, estructurales y de otros tipos que condicionan el proceso de *catch-up*, vid los trabajos de Nelson y Phelps (1966), Horvat (1974), Findlay (1976), Abramovitz (1986), Perez y Soete (1988) y Dosi y Fabiani (1994).

⁵ Aquí seguimos básicamente uno de los trabajos pioneros en la modelización del proceso de difusión tecnológica, el de Nelson y Phelps (1966), combinado con la especificación del proceso de difusión relativa de Fagerberg (1988). Las conclusiones en cuanto a la dinámica del proceso de difusión tecnológica son sin embargo, las mismas que las obtenidas por Nelson y Phelps.

$$A = D^c \cdot N^e \quad (1)$$

donde c y e , representan las respectivas elasticidades.

Si expresamos (1) en términos de tasas de crecimiento obtendríamos:

$$\frac{\dot{A}}{A} = c \frac{\dot{D}}{D} + e \frac{\dot{N}}{N} \quad (2)$$

Esta formulación del progreso técnico, nos permite tener en cuenta la difusión internacional de tecnología y la hipótesis de *catch-up*: la difusión de la tecnología internacionalmente disponible es una función creciente de la distancia relativa entre el nivel tecnológico del país líder y del seguidor:

$$\frac{\dot{D}}{D} = m \left(1 - \frac{A_s}{A_l} \right) \quad (3)$$

donde el parámetro m está recogiendo todos aquellos factores que influyen en la realización efectiva de esa potencial difusión tecnológica en el país seguidor, lo que Abramovitz denomina *social capability*, y que vendrá dado entre otros por los siguientes factores socio-económicos: la estructura productiva, el nivel educativo de la población, la organización empresarial, la acumulación de capital, las posibilidades de expansión de demanda (sobre todo cuando la innovación requiere de producciones a gran escala), las condiciones financieras y políticas, el grado de apertura internacional, el grado de movilidad de factores productivos, y en general el desarrollo socio-económico y el ánimo social ante la incorporación de nuevas tecnologías en el país receptor-seguidor (Abramovitz 1986, pags. 395-396. Sobre todas estas limitaciones ver los trabajos señalados en la nota 4).

Suponiendo que el progreso técnico propio viene dado exógenamente, es decir, que lo único que podemos decir sobre la acumulación de tecnología propia es que depende del propio nivel de tecnología en cada momento ($\dot{N}/N=x$), tendríamos que para cada país seguidor el ritmo de progreso técnico vendrá dado por (2) y (3):

$$\frac{\dot{A}_s}{A_s} = cm \left(1 - \frac{A_s}{A_l} \right) + ex_s \quad (4)$$

Es fácil comprobar que para el país líder el progreso técnico vendrá dado por:

$$\frac{\dot{A}_l}{A_l} = ex_l \quad (5)$$

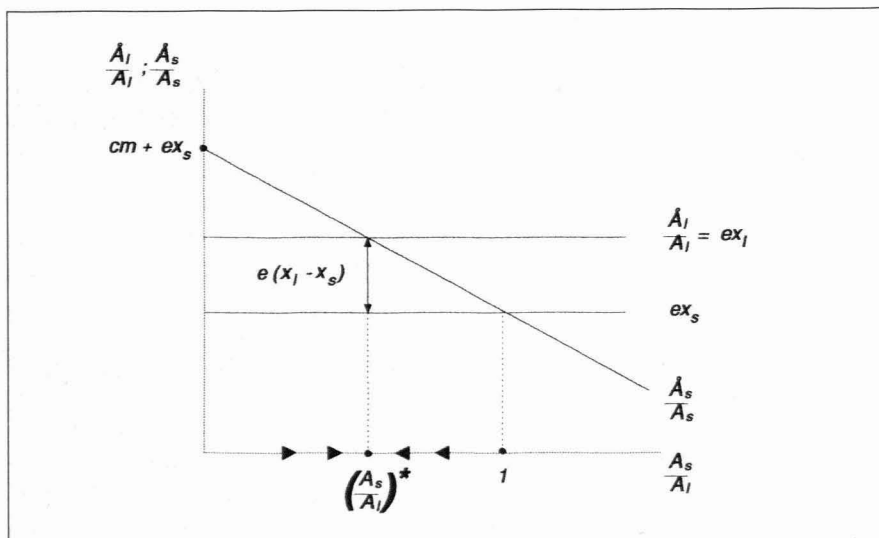


Gráfico 1. Progreso técnico exógeno y catch-up.

Podemos representar la dinámica de este modelo mediante el gráfico 1. La tasa de progreso técnico para el país seguidor es decreciente con respecto al ratio A_s/A_l , ya que cuanto menor sea el nivel tecnológico con respecto al del líder mayor será la posibilidad de imitar o adquirir tecnología.

Como se observa en el gráfico 1, el proceso de catch-up tecnológico se encuentra autolimitado, y el nivel tecnológico relativo del país seguidor converge a largo plazo al ratio:

$$\left(\frac{A_s}{A_l}\right)^* = 1 - \frac{e(x_l - x_s)}{cm}$$

y ya que $1 \geq \frac{A_s}{A_l} > 0$ entonces $cm \geq e(x_l - x_s)$

La dinámica hasta dicho estado estacionario a largo plazo es fácil de entender si acudimos al análisis gráfico. Cuando el ratio A_s/A_l es menor que $(A_s/A_l)^*$ entonces la tasa de progreso técnico del país seguidor es mayor que la del país líder por lo que el nivel tecnológico relativo del país seguidor aumentará. Este proceso se repetirá hasta llegar al estado estacionario. Lo contrario sucederá cuando A_s/A_l es mayor que $(A_s/A_l)^*$, por lo que esta solución es estable.

Podemos destacar ahora tres resultados importantes que se obtienen a largo plazo:

A) Cuando existe difusión tecnológica, es decir, $m \neq 0$ ($c \neq 0$):

1) Las tasas de progreso técnico en el estado estacionario para ambos países coinciden:

$$\left(\frac{\dot{A}_s}{A_s}\right)^* = \left(\frac{\dot{A}_l}{A_l}\right)^* = e x_l \quad (6)$$

$$2) - \text{Si } x_s \neq x_l: \quad \left(\frac{A_l}{A_s}\right)^* \neq 1$$

(Existe un gap tecnológico que es imposible eliminar, aunque sí podemos disminuirlo aumentando el parámetro m , es decir, eliminando todas aquellas trabas a la difusión tecnológica⁶).

⁶ En el modelo de crecimiento exógeno de Solow(1956)-Swan(1956) mencionado anteriormente, se supone que todos los países disponen del mismo nivel de tecnología, lo que en nuestro modelo implica que el parámetro m tiende a infinito

$$\text{Si } x_s = x_l : \left(\frac{A_s}{A_l} \right)^* = 1$$

Esa brecha tecnológica sólo se eliminará en el caso de que la tasa autóctona de progreso técnico del país seguidor coincida con la del líder, lo que significa que el país seguidor es realmente un país líder en cuanto a esfuerzo innovador).

B) Cuando no existe difusión tecnológica, es decir, $m = 0$ ($c = 0$) :

$$3) - \text{Si } x_s \neq x_l : \lim_{t \rightarrow +\infty} \left(\frac{A_s}{A_l} \right)^* = 0 \text{ (Divergencia Tecnológica)}$$

$$- \text{Si } x_s = x_l : \left(\frac{A_s}{A_l} \right)^* = \left(\frac{A_s}{A_l} \right)_0$$

(Se mantiene la brecha tecnológica inicial)

3. EL CATCH-UP EN LOS MODELOS DE CRECIMIENTO

Una vez que hemos delimitado el comportamiento del *catch-up* tecnológico en el apartado anterior, vamos a introducir dicha modelización en los modelos de crecimiento más representativos desde la perspectiva actual, esto es, el neoclásico y el de crecimiento endógeno.

En términos generales hay que considerar el hecho de que en los modelos neoclásicos se considera que la tecnología presenta un comportamiento exógeno, por lo que, en principio, resulta menos interesante. Su consideración se debe a que las estimaciones que llevaremos más adelante se fundamentan en este tipo de aportación.

Por su parte, los modelos de crecimiento endógeno, como su propio nombre indica y a diferencia del anterior, consideran que las variables que incorpora se comportan de forma endógena, por lo que el decisor político tiene un mayor margen de maniobra, ya que puede influir sobre ellas, afectando de esta manera a la senda de crecimiento.

Dentro de este ámbito vamos a analizar dos modelos⁷. En primer lugar el de Rebelo(1991), que considera que los rendimientos del factor capital son iguales a 1. Y, en segundo lugar, otro con rendimientos crecientes a escala y con competencia imperfecta.

3.1. El modelo neoclásico

En este ámbito el modelo más representativo es el que corresponde a las aportaciones de Solow (1956) y Swan (1956). Desde nuestra perspectiva, vamos a contemplar la existencia de un progreso técnico neutral en el sentido de Harrod, esto es, aquel que potencia al factor trabajo, junto con rendimientos constantes a escala en una tecnología del tipo Cobb-Douglas. De esta manera la producción de cada país i será:

$$Y_{it} = (A_{it} L_{it})^{\alpha} K_{it}^{\beta}$$

$$Y_{it} = (A_{it} L_{it})^{(\alpha+\beta)} \frac{K_{it}^{\beta}}{(A_{it} L_{it})^{\beta}}$$

donde por rendimientos constantes a escala $\alpha+\beta=1$, y por rendimientos decrecientes para el capital $\beta<1$. Siendo: K_t , factores productivos susceptibles de ser acumulados (capital físico, capital humano...); L_t , factores productivos que *no* pueden ser acumulados (trabajo, tierra, energía). Suponemos que $L/L = n$, es constante y viene determinada exógenamente; Y_t , producto homogéneo que se puede *consumir* y/o *ahorrar*. El producto no consumido se transforma automáticamente en K_t ; A , Nivel de *tecnología*; s , proporción de la renta que se destina al ahorro, que suponemos constante⁸.

⁷ La introducción de la hipótesis de *catch-up* tecnológico dentro de los modelos de crecimiento se realiza también en De la Fuente(1995)

⁸ A pesar de que la mayoría de los modelos de corte neoclásico parten del comportamiento optimizador de una función de utilidad intertemporal para determinar la tasa de ahorro, pensamos que el supuesto sobre la tasa de ahorro constante aquí adoptado permite alcanzar de manera sencilla los objetivos propuestos en el presente trabajo.

Si dividimos ambas partes de la igualdad por L obtendremos la expresión para la renta per cápita:

$$\frac{Y_{it}}{L_{it}} = A_{it}^{(\alpha+\beta)} L_{it}^{(\alpha+\beta-1)} K_{it}^{\beta}$$

donde $k=K/(AL)$, es decir capital por trabajador medido en unidades de eficiencia. Si tenemos en cuenta ahora los supuestos sobre los rendimientos constantes a escala, podremos escribir la anterior expresión como:

$$y_{it} = A_{it} k_{it}^{\beta}$$

con lo que la dinámica de la renta per cápita vendrá dada por⁹:

$$\frac{\dot{y}_{it}}{y_{it}} = \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} + \beta \frac{\dot{k}_{it}}{k_{it}} \quad (7)$$

es decir, por el progreso técnico de cada economía y por la dinámica del stock de capital por trabajador eficiente.

Las ecuaciones (4) y (5) nos proporcionan la dinámica del progreso técnico en el que hemos introducido la hipótesis de catch-up tecnológico. Por su parte el proceso de inversión, que utiliza el ahorro para acumular capital se puede escribir:

$$S_{it} = sY_{it} = I_{it} = \dot{K}_{it} + \delta K_{it}$$

$$\dot{K}_{it} = s Y_{it} - \delta K_{it}$$

De esta forma, y teniendo en cuenta que

$$\dot{k}_{it} = \frac{\dot{K}_{it}}{A_{it} L_{it}} - k_{it} \left(\frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} + \frac{\dot{L}_{it}}{L_{it}} \right)$$

⁹ Para encontrar la expresión en términos de tasas de crecimiento, basta con tomar logaritmos y derivar respecto al tiempo.

la dinámica del stock de capital por trabajador eficiente vendrá dada por:

$$\dot{k}_{it} = \frac{sy_{it}}{A_{it}} - k_{it} \left(\delta + \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} + \frac{\dot{L}_{it}}{L_{it}} \right) = sk_{it}^{\beta} - k_{it} \left(\delta + \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} + \frac{\dot{L}_{it}}{L_{it}} \right)$$

donde δ es la tasa de depreciación y la tasa de crecimiento de la población es constante e igual a n . De esta forma la tasa de crecimiento del capital por trabajador eficaz será:

$$\frac{\dot{k}_{it}}{k_{it}} = sk_{it}^{(\beta-1)} \left(-\delta + \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} + n \right) \quad (8)$$

que nos indica que el stock de capital por trabajador eficaz aumentará en el tiempo si el ahorro por trabajador es mayor que el que resulta necesario para mantener constante en el tiempo a k , teniendo en cuenta el efecto negativo que sobre esta variable tiene la depreciación del capital, el aumento del factor trabajo y el progreso técnico.

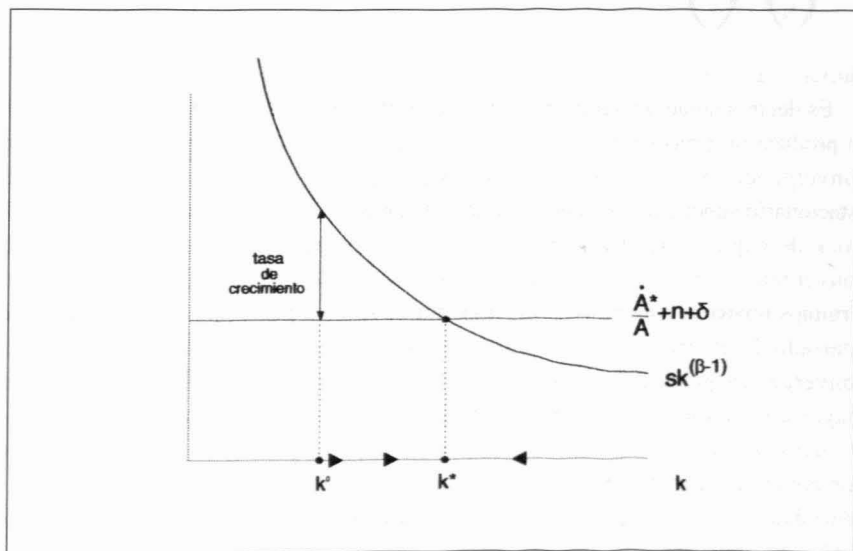


Gráfico 2. Dinámica del stock de capital por trabajador eficiente en el modelo de Solow-Swan.

Gráficamente, y suponiendo que el progreso técnico ha alcanzado el estado estacionario, el proceso de acumulación de capital quedaría tal y como se ilustra en el gráfico 2.

La solución a largo plazo supone una tasa de crecimiento nula para el stock de capital por trabajador eficiente, y en el estado estacionario k es el mismo para el país líder y el país seguidor:

$$k_s^* = k_l^* = \left(\frac{(\dot{A}/A)^* + n + \delta}{s} \right)^{\frac{1}{(\beta-1)}}$$

$$\left(\frac{\dot{k}_s}{k_s} \right)^* = \left(\frac{\dot{k}_l}{k_l} \right)^* = 0 \quad (9)$$

Dados estos resultados, y sabiendo que la dinámica de la renta per cápita según (7) viene dada por (4), (5) y (8), en el estado estacionario la renta per cápita de ambos países crece a la misma tasa, dado que entonces tanto líder como seguidor tienen la misma tasa de progreso técnico (6), y que una vez alcanzado dicho estado el stock de capital por trabajador eficaz permanece constante para ambos según (9):

$$\left(\frac{\dot{y}_l}{y_l} \right)^* = \left(\frac{\dot{y}_s}{y_s} \right)^* = ex_l$$

Es decir, aunque inicialmente el país seguidor crezca a una tasa mayor que el líder, se produce un proceso de convergencia en términos de tasa de crecimiento. ¿Existe convergencia en los niveles de renta per cápita?. La dinámica hacia el estado estacionario supone que el país seguidor con unos niveles menores de tecnología y de stock de capital iniciales, crece más rápidamente hasta alcanzar a largo plazo la convergencia en términos de capital por trabajador eficiente, de tecnología en términos relativos y de tasas de crecimiento de la renta per cápita. Como vimos en el apartado 2, el nivel de tecnología relativo del seguidor en términos del líder converge, en general, a un estado distinto de uno. Eso implica que aunque el mayor crecimiento inicial de la renta per cápita del seguidor acorta la brecha o el dualismo entre países medido en términos de renta per cápita, este no se elimina por completo. Existe un gap hacia el que se converge a largo plazo y que va a venir dado por el gap tecnológico de estado estacionario: ya que $(A_s/A_l)^* < 1$ y que $ks^* = kl^* = k^*$, entonces:

$$y_l^* = A_l^* k^{*\beta} > y_s^* = A_s^* k^{*\beta}$$

Podemos destacar ahora alguno de los resultados obtenidos:

A) Cuando existe difusión de tecnología, es decir, $m \neq 0$ ($c \neq 0$):

1) Las tasas de progreso técnico en el estado estacionario para ambos países coinciden:

$$\left(\frac{\dot{A}_s}{A_s}\right)^* = \left(\frac{\dot{A}_l}{A_l}\right)^* = ex_l$$

2) Existe convergencia en los niveles de capital por trabajador eficiente y en sus tasas de crecimiento:

$$k_s^* = k_l^* = \left(\frac{(\dot{A}/A)^* + n + \delta}{s} \right)^{\frac{1}{(\beta-1)}}$$

$$\left(\frac{\dot{k}_s}{k_s} \right)^* = \left(\frac{\dot{k}_l}{k_l} \right)^* = 0$$

3) Como consecuencia de lo anterior, se obtiene también convergencia en términos de tasas de crecimiento de la renta per cápita:

$$\frac{\dot{y}_{it}}{y_{it}} = \frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} + \beta \frac{\dot{k}_{it}}{k_{it}} \Rightarrow \left(\frac{\dot{y}_l}{y_l} \right)^* = \left(\frac{\dot{y}_s}{y_s} \right)^* = ex_l$$

4) Se produce un proceso de convergencia hacia $(A_s/A_l)^*$, con lo que:

$$\text{- Si } x_s \neq x_l: \left(\frac{A_s}{A_l} \right)^* \neq 1$$

Como $(A_s/A_l)^* < 1$ y $k_s^* = k_l^* = k^*$, entonces:

$$y_l^* = A_l^* k^{*\beta} > y_s^* = A_s^* k^{*\beta}$$

Es decir, con proceso de difusión internacional de tecnología, y siempre que $x_s < x_l$, no se producirá la convergencia hacia los mismos niveles de renta per cápita, existirá por el contrario un gap que vendrá dado por la brecha tecnológica, y que, por tanto, sólo podrá disminuirse aumentando el parámetro m , es decir, eliminando todas aquellas trabas a la difusión tecnológica.

$$\text{- Si } x_s = x_l : \left(\frac{A_s}{A_l} \right)^* = 1, \text{ es decir no existe brecha tecnológica.}$$

En este caso, como $(A_s/A_l)^* = 1$ y $ks^* = kl^* = k^*$, entonces:

$$y_l^* = A_l^* k^{*\beta} = y_s^* = A_s^* k^{*\beta}$$

(En el caso de que la tasa autóctona de progreso técnico del país seguidor coincida con la del líder, lo que significa que el país seguidor es realmente un país líder en cuanto a esfuerzo innovador, no existe brecha tecnológica, y, por tanto, tampoco diferencias en los *niveles* de renta per cápita. Este resultado se obtiene aunque inicialmente el país seguidor partiese de un nivel tecnológico y de renta per cápita inferior. Aumentando el parámetro m , conseguiríamos que la convergencia en niveles de renta per cápita se acelerase).

B) Cuando no existe difusión de tecnología, es decir, $m = 0$ ($c=0$):

$$5) \text{- Si } x_s \neq x_l : \lim_{t \rightarrow \infty} \left(\frac{A_s}{A_l} \right)^* = 0 \text{ (Divergencia tecnológica)}$$

Además, el stock de capital por trabajador eficiente (k) tiende a un estado estacionario distinto ($k_s^* < k_l^*$), por lo que el modelo predice un proceso de divergencia en los niveles de renta per cápita (la tasa de crecimiento a largo plazo del líder es mayor que la del seguidor):

$$y_l^* = A_l^* k_l^{*\beta} > y_s^* = A_s^* k_s^{*\beta}$$

$$\text{- Si } x_s = x_l : \quad \left(\frac{A_s}{A_l} \right)^* = \left(\frac{A_s}{A_l} \right)_0$$

El progreso tecnológico es idéntico en ambos países por lo que k tiende al mismo estado estacionario, sin embargo la brecha tecnológica inicial permanece constante por lo que a pesar de que la renta per cápita crece a largo plazo a la misma tasa no se reducen las diferencias iniciales.

3.2. Modelos de crecimiento endógeno

Tal como señalamos anteriormente, vamos a exponer los elementos esenciales expuestos por este tipo de modelos en este ámbito. Para ello vamos a considerar dos de ellos que desarrollaremos a continuación, comenzando con el propuesto por Rebelo.

3.2.1. El modelo de Rebelo (1991)

Estudiaremos ahora el modelo de crecimiento endógeno en el cual los rendimientos del factor capital se igualan a 1 (esto es posible si consideramos la introducción de capital humano o del capital público dentro de los factores acumulables, Sala-i-Martin 1994, caps 5 y 6) en su versión más sencilla: la tecnología $Y=AK$. En este modelo, dado que el crecimiento a largo plazo constante y positivo de la renta per cápita se deriva de la inexistencia de rendimientos decrecientes para los factores acumulables, no es necesario suponer progreso técnico exógeno, de hecho, y para evitar situaciones de crecimiento explosivo, supondremos que $x_s = x_l = 0$. Los dos países en este caso se diferenciarán por sus respectivos niveles iniciales de capital por trabajador y de tecnología (menor para el seguidor).

La renta per cápita (y) en este modelo para cada país i , se puede obtener a partir de la tecnología:

$$y_i = A_i k_i$$

siendo $k = (K/L)$, el capital per cápita. Por tanto, la tasa de crecimiento de la renta por trabajador vendrá dada por:

$$\frac{\dot{y}_i}{y_i} = \frac{\dot{A}_i}{A_i} + \frac{\dot{k}_i}{k_i}$$

donde por (4) y (5):

$$\frac{\dot{A}_i}{A_i} = cm \left(1 - \frac{A_i}{A_l} \right)$$

y de manera análoga a (8):

$$\frac{\dot{k}_i}{k_i} = sA_i - (n + \delta)$$

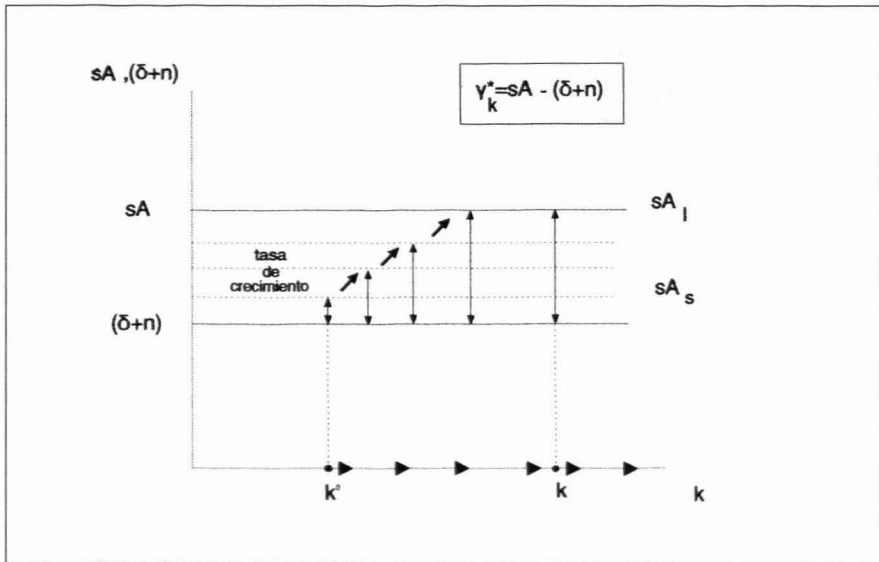


Gráfico 3. Tecnología AK y catch-up tecnológico.

Es fácil comprobar que como $x_s = x_l = 0$, entonces $(A_s/A_l)^* = 1$. Ello implica que se elimina por completo la brecha tecnológica siempre que m y c sean distintos de cero, y que, por tanto, a largo plazo el progreso tecnológico de ambos países tiende a cero, por lo que la dinámica de la renta per cápita estará gobernada por la dinámica del capital por trabajador. Además, siempre que $sA > (n + \delta)$ habrá un crecimiento a largo plazo idéntico en ambos países que será constante y positivo sin necesidad de introducir mejoras tecnológicas determinadas fuera del modelo. Gráficamente la dinámica del modelo se puede representar mediante el gráfico 3.

En definitiva, y en función de los que acabamos de comentar, los aspectos más relevantes en este modelo son los siguientes:

A) Cuando existe difusión tecnológica, es decir, $m \neq 0$ ($c \neq 0$):

1) Dados nuestros supuestos sobre el progreso técnico ($x_s = x_l = 0$), las tasas de progreso técnico en el estado estacionario para ambos países coinciden:

$$\left(\frac{\dot{A}_s}{A_s} \right)^* = \left(\frac{\dot{A}_l}{A_l} \right)^* = 0$$

2) Debido a la transferencia internacional de tecnología se obtiene convergencia en tecnología y en términos de tasas de crecimiento de la renta per cápita:

$$\left(\frac{A_s}{A_l} \right)^* = 1$$

$$\left(\frac{\dot{y}_{it}}{y_{it}} \right)^* = \left(\frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} \right)^* + \left(\frac{\dot{k}_{it}}{k_{it}} \right)^* \rightarrow \left(\frac{\dot{y}_l}{y_l} \right)^* = \left(\frac{\dot{y}_s}{y_s} \right)^* = sA^* - (n + \delta)$$

3) Como inicialmente y hasta que se alcanza la convergencia tecnológica el país seguidor está creciendo a una tasa menor que la del país líder, este modelo predice una divergencia inicial en los niveles de renta per cápita. Una vez que ambos países alcanzan la misma tecnología crecerán a la misma tasa, con lo que la brecha en términos de renta per cápita existente en ese momento se mantendrá constante a largo plazo.

B) Cuando no existe difusión tecnológica $m = 0$ ($c=0$) :

4) No existe convergencia tecnológica por lo que la tasa de crecimiento del líder es mayor que la tasa de crecimiento del seguidor y el proceso de divergencia en términos de renta per cápita se perpetúa a largo plazo (la renta del seguidor es cada vez menor en relación a la del líder).

$$\left(\frac{\dot{y}_l}{y_l} \right)^* = sA_l^* - (n-\delta) > sA_s^* - (n-\delta) = \left(\frac{\dot{y}_s}{y_s} \right)^*$$

3.2.2. Modelos de crecimiento endógeno con rendimientos crecientes a escala y competencia imperfecta

En este apartado, trataremos de ver como afecta a los modelos de crecimiento que endogeinizan el progreso técnico, la hipótesis de *catch-up* tecnológico. Seguiremos básicamente y de manera muy simplificada la aportación de Barro y Sala-i-Martin (1995, caps 6 y 8). La idea básica en la que se apoya el crecimiento en estos modelos es que debido a los rendimientos crecientes a escala y al supuesto de competencia imperfecta, el producto no se agota con la remuneración de factores, quedando rentas excedentarias que se podrán destinar a proyectos de I+D, actividades éstas que supondrán una mejora de la tecnología. La difusión de tecnología que permite cumplir en este modelo con la hipótesis de *catch-up*, se basa en el hecho de que las actividades de innovación resultan más caras que las de imitación de tecnología foránea, con una misma cantidad de recursos el país seguidor alcanzará un mayor progreso técnico¹⁰.

En este modelo, la diferencia tecnológica entre dos países estará en función del número o variedad de inputs intermedios que utilizan. El progreso técnico se entenderá por tanto como el aumento en el número de dichos inputs, y generará crecimiento sostenido porque no existen rendimientos decrecientes en el número de bienes de capital, es decir, las empresas dedicadas a I+D, siempre desean descubrir nuevos productos.

¹⁰ Sobre la posibilidad de *catch-up* debido a unos costes menores de imitación que de innovación, y las posibles trabas al proceso de difusión tecnológica vid Pérez y Soete (1988 pags. 458-479).

En este caso la función de producción podrá escribirse:

$$Y_t = A \left(\sum_{i=1}^{N(t)} X_{it}^\beta \right) L_t^{(1-\beta)}$$

donde X_{it} es la cantidad utilizada del bien intermedio de capital i que además presentará rendimientos decrecientes ($\beta < 1$), A es un parámetro tecnológico constante, $N(t)$ es el número total de inputs de capital distintos existentes en el instante t , y el resto de variables se definen como siempre. Si suponemos que en cada instante del tiempo el número de bienes de capital es igual para todos ellos, es decir, $X_i = X$ para todo i , podemos ver como efectivamente esta tecnología presenta rendimientos decrecientes para los bienes intermedios de capital X_i y constantes para el número total de los mismos N_t , ya que la función de producción podrá escribirse:

$$Y_t = A N_t X_t^\beta L_t^{(1-\beta)}$$

o teniendo en cuenta el total de bienes de capital, que seguirá presentando rendimientos decrecientes,

$$Y_t = A (N_t X_t)^\beta N_t^{(1-\beta)} L_t^{(1-\beta)}$$

observándose así como se introducen los rendimientos crecientes de escala, junto con otros decrecientes respecto a los factores productivos y constantes respecto al número de bienes de capital, condiciones éstas que necesitábamos para que se pudiese observar crecimiento endógeno en este tipo de modelos.¹¹

En términos de renta per cápita tendríamos

$$y_t = A N_t x_t^\beta$$

donde $x = X/L$. A partir de ahora supondremos, para simplificar el análisis, al igual que Barro y Sala-i-Martin, que la población permanece constante, y que, ante ausencia de depreciación, se cumple que $\dot{x}/x = 0$. Ello significa, que la solución óptima implica que una vez descubierto un nuevo bien de capital se produce una determinada

¹¹ En este tipo de modelos, y debido al comportamiento oligopolístico de las empresas dedicadas a I+D, el precio de los nuevos productos es mayor que su precio competitivo, por lo que será óptimo desde el punto de vista social financiar el consumo de estos nuevos productos.

cantidad del mismo ($X_t = X$), y que en períodos posteriores, no se volverá a producir más de ese tipo de bien, de forma que la tasa de crecimiento de cada bien de capital es nula una vez descubierto y producido inicialmente.

De esta forma, la dinámica de la renta per cápita en este modelo vendrá dada por

$$\frac{\dot{y}_t}{y_t} = \frac{\dot{N}_t}{N_t} \quad (10)$$

lo que nos indica que en cada país la tasa de crecimiento de la renta dependerá únicamente del progreso técnico, que en este modelo se refleja en un aumento en el número de bienes de capital.

Para explicar cuál es la dinámica de la renta necesitamos saber cómo se determina la tasa de crecimiento del número de bienes de capital. Para ello y dado el supuesto de competencia imperfecta, supondremos que existe una proporción de la renta que se puede destinar a financiar actividades de I+D, y que suponen la aparición de nuevos bienes de capital. A esta fracción de la renta la llamaremos s . Supondremos, por otra parte que el coste de inventar nuevos bienes de capital es también una proporción constante η de la renta, y que el coste de imitación de los bienes intermedios de capital producidos en el exterior es también una proporción constante θ de la renta, con la particularidad de que $\eta > \theta$, es decir, resulta más barato imitar que innovar.

De esta forma y siempre que exista un proceso de difusión tecnológica que permita la imitación de bienes de capital inventados en el exterior, la cantidad total de recursos que se destinan a financiar actividades aumentadoras del número de bienes intermedios de capital podrá representarse siguiendo nuestra ecuación de progreso técnico (4) mediante las siguientes expresiones:

A) Para el país líder:

$$s y = \eta y \frac{\dot{I}_t}{I_t}$$

donde \dot{I}_t/I_t es la tasa de crecimiento del número de bienes de capital inventados en el país líder. Sustituyendo en esta ecuación y teniendo en cuenta (10), obtenemos:

$$\frac{\dot{y}_t}{y_t} = \frac{\dot{N}_t}{N_t} = \frac{\dot{I}_t}{I_t} = \frac{s}{\eta}$$

que nos indica que la renta per cápita crece a una tasa constante y positiva.

B) Para el país seguidor:

$$s y_s = \theta y_s m \left(1 - \frac{N_s}{N_l} \right) + \eta y_s \frac{\dot{I}_s}{I_s}$$

donde se está considerando que existe una parte de los recursos que se destina a la imitación y el resto a la innovación. De esta forma la innovación propia del país seguidor la obtendremos despejando de la anterior ecuación:

$$\frac{\dot{I}_s}{I_s} = \frac{s - \theta \left(1 - \frac{N_s}{N_l} \right)}{\eta}$$

Así pues, la tasa de crecimiento de la renta per cápita del país seguidor será:

$$\begin{aligned} \frac{\dot{y}_s}{y_s} &= m \left(1 - \frac{N_s}{N_l} \right) + \frac{s}{\eta} - \frac{\theta}{\eta} \left(1 - \frac{N_s}{N_l} \right) = \\ &= \left(1 - \frac{N_s}{N_l} \right) \left(m - \frac{\theta}{\eta} \right) + \frac{s}{\eta} \end{aligned}$$

tasa de crecimiento que será mayor que la del país líder siempre que exista una brecha tecnológica entre ambos ($N_s < N_l$), y siempre que m sea lo suficientemente alto ($m > \theta/\eta$).

Tal y como se aprecia en el gráfico 4, existe en este modelo tanto convergencia en los niveles de renta per cápita y en sus tasas de crecimiento, como convergencia tecnológica. En este modelo, la intervención pública en la economía a través de la fijación de los mecanismos de licencias, royalties y otros derechos de propiedad,

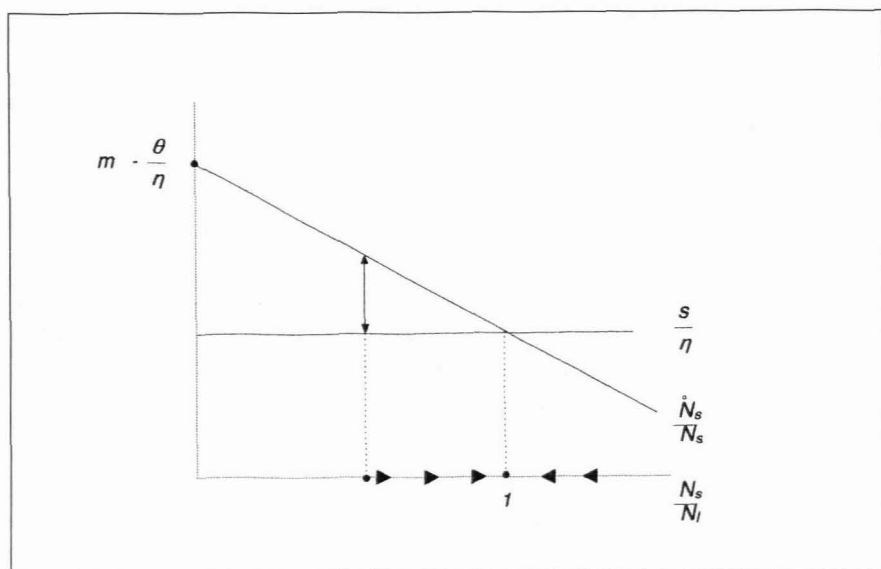


Gráfico 4. Convergencia con rendimientos crecientes a escala y competencia imperfecta.

supondrán por tanto un mayor estímulo al crecimiento tanto de los países líderes como de los seguidores. Igualmente será beneficioso para éstos, la eliminación de las limitaciones tanto de carácter social como económico al proceso de *catch-up* y al encarecimiento innecesario de los procesos de imitación de mejoras tecnológicas foráneas¹².

4. ANÁLISIS EMPÍRICO

Una vez expuestos los elementos teóricos fundamentales, es necesario llevar a cabo un análisis de carácter empírico. Muchos son los estudios¹³ que basándose en las

¹² Sobre los mecanismos óptimos de derechos de propiedad puede consultarse: Mansfield., Schawartz y Wagner (1981), Ordoover (1991) y Gould y Gruben (1996) entre otros.

¹³ Entre otros podemos encontrar: Barro, y Sala-i-Martin (1992), Mankiw, Romer y Weil (1992), Ortiguera y Santos (1994) y, Andrés, Doménech y Molinas (1996).

propiedades de los modelos de crecimiento exógeno y endógeno han intentado encontrar evidencia empírica sobre la convergencia¹⁴. La idea que subyace en ellos es que debido a que en los modelos de crecimiento exógeno se predice convergencia condicional, debe existir una relación negativa entre las tasas de crecimiento y los niveles iniciales de renta per cápita de economías homogéneas. En caso de no observarse empíricamente dicho resultado, esto sería utilizado como evidencia a favor de los modelos de crecimiento endógeno. Igualmente, han sido también numerosos los estudios que han intentado encontrar evidencia sobre el *catch-up* tecnológico¹⁵.

Todos estos trabajos encuentran de manera más o menos clara la evidencia de convergencia entre países con estructuras socio-económicas homogéneas, debido bien a la existencia de rendimientos decrecientes para los factores acumulables, bien a la existencia de procesos de *catch-up* tecnológico. Dicha convergencia en términos de renta per cápita se muestra de manera clara en los gráficos 5 y 6.

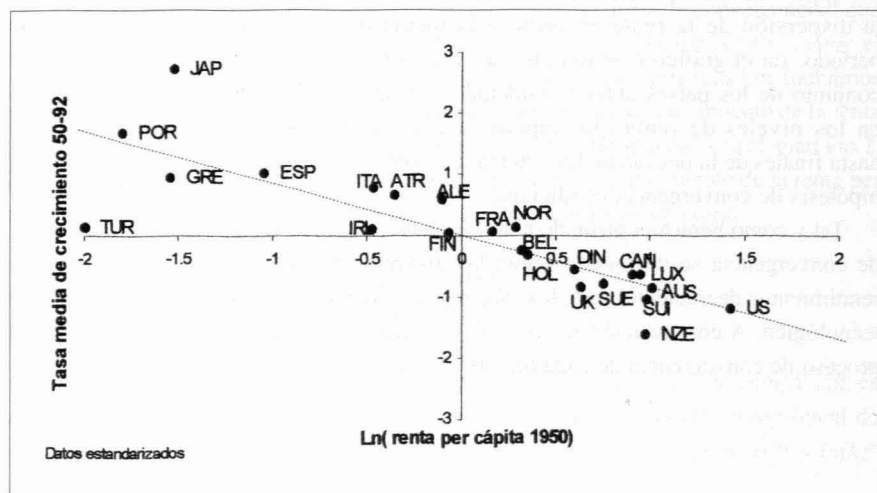


Gráfico 5. Convergencia en términos de renta per cápita.

Fuente: Penn World Tables Mark 5.6

¹⁴ Un extenso resumen de los mismos se puede encontrar en De la Fuente (1994).

¹⁵ Se pueden citar entre otras, las aportaciones de: Gomulka, y Sylvestrowitz (1976), Abramovitz (1986 y 1988), Baumol (1986), Fagerberg (1988), Dowrick y Nguyen (1989), Wolff (1991), Verspagen (1991), Ark y Grafts (1995) y Abramovitz y David (1996).

Convergencia implica, en primer lugar, que los países con menores niveles de renta presenten unas tasas de crecimiento más elevadas que aquellos otros con un mayor nivel de renta inicial. Este tipo de comportamiento es el que se evidencia en el gráfico 5, en el que hemos representado la tasa media de crecimiento de la renta durante el período 1950 a 1992 en el eje de ordenadas, y la renta inicial en logaritmos en el de abscisas¹⁶. Como puede observarse en el gráfico, los países con un nivel inicial de renta per cápita inferior a la media¹⁷ como Japón, Grecia, Portugal, España, Italia o Austria, presentan una tasa de crecimiento que es mayor que la media del conjunto de países, mientras que aquellos con un nivel de renta en 1950 superior a la media como Estados Unidos, Suiza, Australia o Reino Unido, muestran unas tasas de crecimiento inferiores a la correspondiente media. Este tipo de correlación negativa entre tasa de crecimiento y nivel de renta inicial, constituye como hemos comentado la primera evidencia a favor de la hipótesis de convergencia condicional.

Por otra parte, como convergencia implica la aproximación de los niveles de renta per cápita, también puede estudiarse dicha convergencia a través de la evolución de la dispersión de la renta en torno a la media del conjunto de países para cada período. En el gráfico 6 se muestra la evolución de la dispersión de la renta para el conjunto de los países antes considerados desde 1950 hasta 1990. El acercamiento en los niveles de renta que supone la disminución de su dispersión al menos hasta finales de la década de los setenta, constituye la segunda evidencia a favor de la hipótesis de convergencia condicional.

Tal y como hemos comentado anteriormente, esta evidencia a favor de la hipótesis de convergencia se desprende según las distintas aportaciones, de la existencia de rendimientos decrecientes para los factores acumulables y de la hipótesis de catch-up tecnológico. A continuación trataremos de contrastar¹⁸ cuál ha sido la aportación al proceso de convergencia de cada uno de esos factores.

¹⁶ La convergencia condicional se diferencia de la convergencia absoluta en el sentido de que la primera exige que toda la estructura socio-económica, población, preferencias, etc. de los países sea homogénea. Por, esta razón los países analizados son aquellos que se considera que tienen un nivel de desarrollo próximo: Australia, Nueva Zelanda, Canada, Turquía, Estados Unidos, Japón, Austria, Bélgica Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Holanda, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza y Reino Unido. Las tasas media de crecimiento para Grecia y Portugal se calcularon hasta los años 1991 y 1990 respectivamente.

¹⁷ Los datos que se representan en el gráfico 5 están estandarizados, de manera que la media para el conjunto de países es cero y la desviación típica uno.

¹⁸ De manera análoga a como lo hace De la Fuente (1995 pags. 25-30).

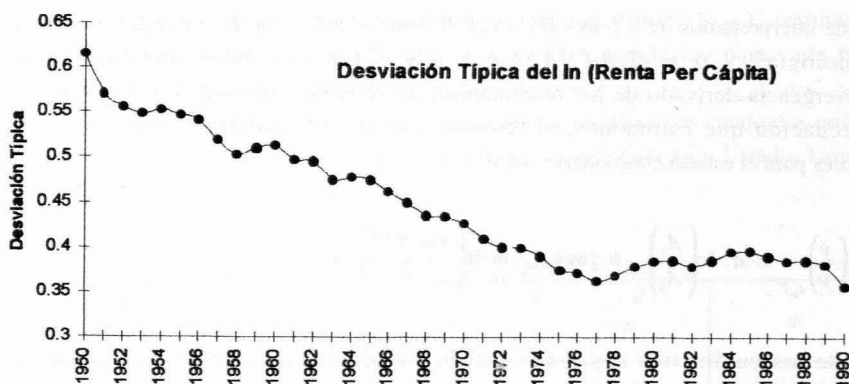


Gráfico 6. Evolución de la dispersión de la renta per cápita.

Fuente: Penn World Tables Mark 5.6

Para ello procederemos a la estimación de una ecuación típica de convergencia¹⁹ que recoja, siguiendo el modelo de crecimiento neoclásico, la correlación negativa entre el stock de capital inicial y la tasa de crecimiento de la renta. Junto a esta relación, incluimos también un efecto positivo del retraso tecnológico sobre la tasa de crecimiento de la renta per cápita, tal y como se desprende de la hipótesis de catch-up analizada en el apartado 2. Para llegar a la ecuación final a estimar partimos de la tasa de crecimiento de la renta per cápita, que como se desprende de la ecuación (7), se puede expresar como:

$$\frac{d \ln y_i}{dt} = \frac{d \ln A_i}{dt} + \beta \frac{d \ln k_i}{dt} = \frac{d \ln(A_i/A_l)}{dt} + \frac{d \ln(A_l)}{dt} + \beta \frac{d \ln k_i}{dt}$$

Si tenemos en cuenta que la tasa de progreso tecnológico del país líder, $d \ln(A_l)/dt$, es una constante igual a ex_l (ecuación (5)), y realizando una aproximación log-lineal de $d \ln(A_i/A_l)/dt$ y $d \ln k_i/dt$ entorno a los valores de estado estacionario, $\ln(A_i/A_l)^*$ y $\ln(k)^*$ respectivamente, obtenemos que

$$\frac{d \ln y_i}{dt} = -\alpha \left[\ln \left(\frac{A_i}{A_l} \right) - \ln \left(\frac{A_i}{A_l} \right)^* \right] + ex_l - \rho [\ln(k_i) - \ln(k_i)^*]$$

¹⁹ Ver por ejemplo Barro y Sala-i-Martin (1995 cap. 11).

donde interpretamos $\alpha = [cm - e(x_t - x_t)] > 0$ como el indicador de convergencia para la tecnología²⁰ y $\rho = (1-\beta)[(A/A)^* + n + \delta]$ el indicador tradicional²¹ de convergencia derivado de los rendimientos decrecientes del capital. De esta forma la ecuación que estimamos, si tenemos en cuenta la anterior expresión y los valores para el estado estacionario, será²²:

$$\left(\frac{\dot{y}}{y}\right)_{t_0 T} = c - a \cdot \ln\left(\frac{A_t}{A_t}\right)_{t_0} - b \cdot [\ln(k_t)]_{t_0} + m \cdot \ln\left(\frac{ex_t + n + \delta}{s}\right) + u_t$$

donde los parámetros a y b recogen la convergencia en tecnología y capital respectivamente y donde hemos introducido una variable aleatoria u_t para recoger el error de ajuste.

Para realizar la estimación hemos supuesto que $e=1$, y siguiendo a Mankiw, Romer y Weil (1992, pag. 413) que $x_t=0.02$ y $\delta=0.03$. Los datos utilizados para el resto de variables se han tomado de Summers y Heston (1991)²³ para el período 1965 a 1992: la tasa de ahorro, s , se ha aproximado por el porcentaje medio del período que supone la inversión sobre el producto total, y la tasa de crecimiento de la población, n , como la media del período considerado. Para encontrar una

²⁰ Concretamente es la tasa a la que cae la diferencia tecnológica relativa:

$$\frac{\left(\frac{A_t}{A_t}\right)^* - \left(\frac{A_t}{A_t}\right)_t}{\left(\frac{A_t}{A_t}\right)_t} = \frac{\left(\frac{A_t}{A_t}\right)^* - \left(\frac{A_t}{A_t}\right)_0}{\left(\frac{A_t}{A_t}\right)_0} \exp(-\beta t)$$

²¹ Vid Mankiw, Romer y Weil (1992, pag 422)²² La verdadera ecuación a estimar se deriva de la solución de las respectivas ecuaciones diferenciales, y aproximando la tasa media de crecimiento como $d\ln(y)/dt \simeq (\ln y_T - \ln y_0)/T$. De esta forma la verdadera ecuación a estimar sería:

$$\begin{aligned} \frac{\ln(y_T) - \ln(y_0)}{T} &= \frac{\ln(A/A_T) - \ln(A/A_0)}{T} + ex_t + \beta \frac{\ln(k_T) - \ln(k_0)}{T} = \\ &= ex_t + \frac{1 - \exp(-\alpha T)}{T} \ln(A/A_T)^* - \frac{1 - \exp(-\alpha T)}{T} \ln(A/A_0) + \beta \left[\frac{1 - \exp(-\rho T)}{T} \ln(k_T)^* - \frac{1 - \exp(-\rho T)}{T} \ln(k_0) \right] = \\ &= ex_t + \frac{1 - \exp(-\alpha T)}{T} \ln\left(\frac{\alpha}{cm}\right)^* - \frac{1 - \exp(-\alpha T)}{T} \ln(A/A_0) + \frac{\beta}{(\beta-1)} \frac{1 - \exp(-\rho T)}{T} \ln\left(\frac{ex_t + n + \delta}{s}\right) - \beta \frac{1 - \exp(-\rho T)}{T} \ln(k_0) \end{aligned}$$

²³ En nuestra estimación hemos utilizado la versión Mark 5.6 (disponible a través de Internet).

proxy del nivel tecnológico en el instante inicial hemos procedido a la estimación de la función de producción propuesta en el modelo neoclásico para cada país, utilizando la serie temporal completa²⁴.

Los resultados obtenidos para la estimación, utilizando mínimos cuadrados ordinarios para los datos de sección cruzada, y tomando como país líder a los Estados Unidos, se muestran en la siguiente tabla²⁵:

Tasa de crecimiento	c	$-\hat{a}$	$-\hat{b}$	\hat{m}
1965-1992	0.03631 (0.020722)	-0.005541 (0.003268)	-0.00492 (0.003344)	0.012634 (0.013250)
Grados de libertad: 19				
R ² ajustado: 0.281488				
Error Estandar de la Regresión: 0.007433				
Test de significatividad conjunta (Estadístico F): 3.872944				

Estos resultados muestran que a pesar del escaso valor del R², el signo obtenido para los parámetros es el esperado y aunque resultan escasamente significativos, apoyan la idea de que la convergencia en términos de renta se debe en parte a la existencia de rendimientos decrecientes para el factor capital (como señala el modelo neoclásico) pero también a la existencia de la difusión internacional de tecnología. Podemos inferir a partir de estos resultados que los rendimientos del factor capital son decrecientes en media, $\beta = 0.61$ y que la velocidad de convergencia correspondiente resultante, $\rho = 0.9\%$, es inferior a la obtenida tradicionalmente ($\rho = 2\%$) cuando no se tiene en cuenta la hipótesis de *catch-up* tecnológico. La velocidad de convergencia en la tecnología obtenida, $\alpha = 0.6\%$, puede considerarse como evidencia a favor de la validez de la hipótesis de *catch-up* tecnológico entre los países considerados.

²⁴ $\ln(y)_i = c_i + \beta_1 \ln(k)_i + u_{i1} \quad ; \quad \ln(A)_i = (c_i + u_{i0})/(\beta_1 - 1)$

²⁵ El error estándar se muestra entre paréntesis. Este pretende ser simplemente un primer intento de estimación de la ecuación de convergencia ampliada por procesos de *catch-up* tecnológico. Esperamos que en próximos trabajos se desarrollen métodos de estimación que mejoren la consistencia de la misma.

5. CONCLUSIONES

A lo largo del trabajo hemos expuesto la importancia que juega la difusión tecnológica a la hora de favorecer el progreso técnico, lo que a su vez propicia el crecimiento de las economías más atrasadas, como afirmaban los trabajos originarios en este campo.

En este sentido hay que contemplar también el hecho de que la existencia de distinto progreso tecnológico autóctono e inicial en algunos países, implica la existencia de cierta brecha tecnológica que resulta, en ocasiones, complicada de eliminar como nos indica la aportación neoclásica.

En cambio, en los otros modelos considerados, existen más opciones para el decisor político a la hora de reducir y eliminar dicha brecha. Así, en el modelo de crecimiento endógeno con competencia imperfecta, la difusión de la tecnología permite la convergencia en niveles y tasas de crecimiento de la renta per cápita.

Por su parte el modelo de Rebelo no es tan optimista ya que, desde su perspectiva, la transmisión de la tecnología sólo permite frenar el proceso de divergencia. Para alcanzar mayores niveles de renta per cápita resulta imprescindible el aumento de capital tanto físico como humano.

Dentro de este ámbito, Greiner (1996, pág. 188) se cuestiona la relevancia que tiene para el crecimiento la incorporación de nuevas tecnologías. Desde su punto de vista, dicha incorporación favorece más el crecimiento que las medidas tendentes a reducir impuestos sobre la renta o aquellas destinadas a conceder subsidios a la inversión. Así pues, las medidas de carácter público deben tender a potenciar la introducción de esa nueva tecnología en los procesos productivos, evitando la trabas a la misma o bien ayudando a la elaboración de proyectos de I+D.

Por su parte, Helliwell y Chung (1995, pág.75) señalan que las transferencias internacionales del conocimiento juegan un papel crucial en la convergencia, ya que permite a los países más pobres crecer de una manera más rápida que los más ricos.

Finalmente, el análisis empírico nos muestra la significatividad de los parámetros que recogen tanto la convergencia en tecnología como la que se desprende de los rendimientos decrecientes para el capital, en el conjunto de los países de la OCDE durante el período 1965 a 1992.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOVITZ, MOSES (1986): «Catching Up, forging Ahead, and falling behind». *Journal of Economic History*, vol.46 no.2, Junio, 385-406.
- ABRAMOVITZ, M. (1989): *Thinking about growth and other essays on economic growth and welfare*. Cambridge, Cambridge University Press.
- ABRAMOVITZ, M. (1988): «Following and leading» en Hanusch, H. (ed): *Evolutionary economics. Applications of Scumpeter's ideas*. Cambridge, Cambridge University Press, pags. 323-341.
- ABRAMOVITZ, M Y DAVID, P.A. (1996): «Convergence and Deferre Catch-up: Productivity Leadership and the Waning of American Exceptionalism», en Landau, R. ; Taylor, T. y Wright, G. (1996): *The Mosaic of Economic Growth*. Stanford, CA, Stanford University Press, pags. 21-62.
- AMABLE, B.(1994): «Endogenous Growth Theory, Convergence and Divergence» en Silverberg y Soete.(1994) pags. 20-44.
- ANDRÉS, J.; DOMÉNECH, R. Y MOLINAS, C. (1996): «Macroeconomic Performance and Convergence in OECD Countries». *Documento de trabajo 96-02. Departamento de Análisis Económico, Universidad de Valencia*.
- ARK, B. VAN AND GRAFTS, N. (eds) (1995), *Catch Up and Convergence in Post War Europe: Quantitative Aspects*. Cambridge, Cambridge University Press.
- BARRO, R.J. Y SALA-I-MARTIN, X. (1995): *Economic Growth*. New York, McGraw-Hill.
- BARRO, R. Y SALA-I-MARTIN, X. (1992): «Convergence». *Journal of Political Economy*, vol.100 no.2, pag 223-251.
- BAUMOL, W (1986): «Productivity growth, convergence and welfare: What the long-run data-show». *American Economic Review*, vol.76 no.5, pags. 1072-1085.
- DE LA FUENTE, A. (1994): «Crecimiento y convergencia: un panorama selectivo de la evidencia empírica». Cuadernos económicos de ICE, no. 58, 1994/3, pags.23 69.
- DE LA FUENTE, A. (1995): «Inversión, 'catch-up' tecnológico y convergencia real». *Papeles de Economía Española*, no. 63, pags. 18-34.
- DOSI, G; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G; Y SOETE, L.(eds.) (1988): *Technical Change and Economic Theory*. Londres, Pinter Publishers.
- DOSI, G. Y FABIANI, S.(1994): «Convergence and Divergence in the Long-term Growth of Open Economies» en Silverberg y Soete (1994), pags. 119-153
- DOWRICK, S. Y NGUYEN, D.T. (1989): «OECD comparative economic growth 1950-1985: Catch-up and convergence». *American Economic Review*, vol.70 no.5, Diciembre, pags. 1010-1031

- FAGERBERG, J. (1988): «Why growth rates differ» en Dosi, G et. al. (1988), pags. 432-457
- FINDLAY, R (1976): «Relative backwardness, direct foreign investment, and the transfer of technology: a simple dynamic model». *Quarterly Journal of Economics* vol. 92 no. 1, Febrero, 1-16.
- GERSCHENKRON, ALEXANDER (1962): *Economic Backwardness in Historical Perspective*. Cambridge, Mass, Harvard University Press.
- GOMULKA, S. Y SYLVESTROWITCZ, J.D. (1976): «Imported growth: theory and estimation». En Altman et. al. (ed): *On the Measurement of Factor Productivities: Theoretical Problems and Empirical Results*. Göttingen, Vendenhoeck and Ruprecht.
- GOMULKA, S. (1971): *Inventive Activity, Diffusion, and the Stages of Economic Growth*. Aarhus, Institute of Economics.
- GOULD, D.M. Y GRUBEN, W.C. (1996): «The role of intellectual property rights in economic growth», *Journal of Development Economics*, vol. 48, pp 323-350.
- GREINER, A. (1996), *Fiscal policy and economic growth*, Aldershot, Avebury.
- HELLIWELL, J.F. Y CHUNG, A. (1995), «Convergence and growth linkages between North and South», en D. Vines y D. Currie (Eds.), *North-South linkages and international macroeconomic policy*, Cambridge, Cambridge University Press.
- HORVAT, B. (1974): «Welfare and the common man in various countries». *World Development*, vol. 2 no. 7, pags. 29-39.
- JONES, L.E. Y MANUELLI, R.E. (1994): «Teoría del crecimiento endógeno: una introducción» en *Cuadernos económicos de ICE*, no. 58, 1994/3, pags. 3-22.
- MANKIW, G.; ROMER, D Y WEIL, D (1992): «A contribution to the empirics of economic growth». *Quarterly Journal of Economics*, no. 107, Mayo, pags 407-437.
- MANSFIELD, E.; SCHAWARTZ, M. Y WAGNER, S. (1981): «Imitation Costs and Patents: An Empirical Study», *Economic Journal*, no. 91, Diciembre, pags. 907-918.
- NELSON, R.P. Y PHELPS, E.S. (1966): «Investment in humans, technological diffusion, and economic growth». *American Economic Review*, vol. 56 no. 2, Mayo, pags. 69-75.
- ORDOVER, J.A. (1991): «A Patent System for Both Diffusion and Exclusion», *Journal of Economic Perspectives*, vol. 5 no. 1, Invierno, pags. 43-60.
- ORTIGUERA, S. Y SANTOS, M. (1994): «On Convergence in endogenous growth models», *Working Paper 94-54, Economics Series 26*, Diciembre, Universidad Carlos III de Madrid.

- PEREZ, C. Y SOETE, L.(1988):«Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity» en Dosi, G et. al.(1988) pags. 458-479.
- REBELO, S.(1991): «Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth». *Journal of Political Economy* vol.99 no.3, pags. 500-521.
- SALA-I-MARTIN, X.(1994) : *Apuntes de crecimiento económico*. Barcelona, Antoni Bosch Editor.
- SILVERBERG, G Y SOETE, L.(1994) : *The Economics of Growth and Technical Change. Technologies, Nations, Agents*. Aldershot, Edward Elgar.
- SOLOW, R.M. (1956) : «A Contribution to the Theory of Economic Growth». *Quarterly Journal of Economics*, vol.70 no.1 pags. 65-94.
- SUMMERS, R. AND HESTON, A(1991):«The Penn World Table (Mark5): An Expanded set of International Comparasions, 1950-1988». *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 106 no.2, mayo, pags 327-368.
- SWAN, T.W.(1956): «Economic Growth and Capital Acumulation». *Economic Record*, no.32, pags. 334-361.
- VEBLEN, THORSTEIN (1915): *Imperial Germany and the Industrial Revolution*. Londres, Macmillan.
- VERSPAGEN, B. (1991):«A new Empirical Approach to catching up or Falling Behind» en *Estructural Change and Economics Dynamics*, no.2, pags. 359-380.
- WOLFF, E. (1991):«Capital formation and productivity convergence over the long term». *American Economic Review*, vol.81 no.3, Junio, pags 565-579.